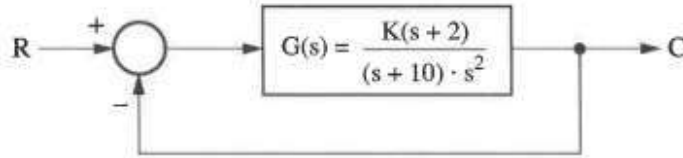


פתרון בקרה 711913 2022

שאלה 1

באזור לשאלה 1 נתון תרשים של מערכת בקרה בעלת משוב יחידה.



איור לשאלה 1

- א. (8 נק') מצאו את ערכי הקטבים ואת ערך האפס של המערכת בחוג הפתוח.
- ב. (12 נק') סרטטו את תרשים המג"ש של מערכת הבקרה. בסרטוט יש לכלול:
- את ערכי הקטבים ואת ערך האפס.
 - את האסימפטוטות - (זווית ומרכז).
 - את נקודות החיתוך עם הציר המדומה.
- ג. (5 נק') האם הנקודה $S = -3 + j$ נמצאת על המג"ש? נמקו את התשובה.

תשובה 1

$$G = \frac{K(s+2)}{(s+10)s^2} \quad H = 1$$

א.

אפסים : $s = -2$

קטבים : $s_1 = -10, s_2 = 0, s_3 = 0$

ב.

מרכז האסימפטוטות

$$\sigma_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \operatorname{Re}(P_i) - \sum_{h=1}^w \operatorname{Re}(Z_h)}{n - w} = \frac{(0 + 0 + (-10)) - (-2)}{3 - 1} = \frac{-8}{2} = -4$$

זווית אסימפטוטות

$$\beta(h = 0 \rightarrow (n - w - 1)) = \frac{(2h + 1)180}{n - w} = \frac{(2h + 1)180}{3 - 1} = 90^\circ, 270^\circ$$

נקודות בריחה וחדירה:

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{b - P_i} = \sum_{i=1}^w \frac{1}{b - Z_i}$$

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{b} + \frac{1}{b + 10} - \frac{1}{b + 2} = 0$$

$$2(b + 10)(b + 2) + b(b + 2) - b(b + 10) = 0$$

$$2b^2 + 16b + 40 = 0$$

שורשים מרוכבים, לכן אין נקודות בריחה וחדירה.

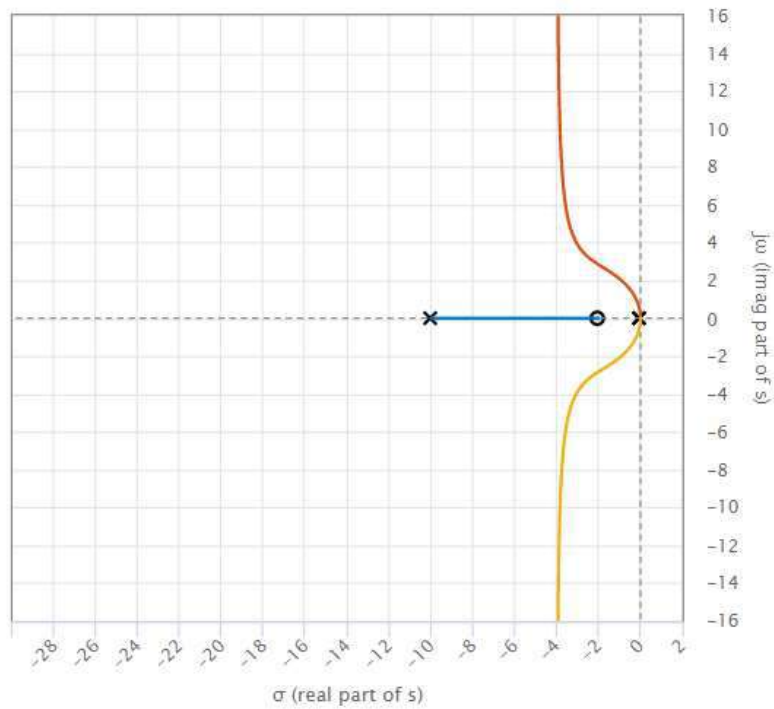
חיתוך עם ציר המדומה (ראוט)

$$s^3 + 10s^2 + Ks + 2K$$

s^3	1	K
s^2	10	$2K$
s^1	$0.8K$	
s^0	$2K$	

$K > 0$ מערכת יציבה, לכן K קריטי שווה ל-0 ונקודת הפגישה היא בנקודת ה-0 של הקטבים בראשית

שרטוט



ג.

משוואה אופיינית: $P(s) = (s + 10)s^2 + K(s + 2)$

$$(-3 + j + 10)(-3 + j)^2 + K(-3 + j + 2) = 0$$

$$K = \frac{(7 + j)(-3 + j)^2}{1 - j} = 48 + j14$$

מקבלים K קומפלקסי, לכן הנקודה לא נמצאת על מסלול RL

שאלה 2

בנספח א' לשאלה 2 נתונים גרפי בודה בחוג פתוח של מערכת בקרה בעלת משווא יחידה הפועלת בחוג סגור.

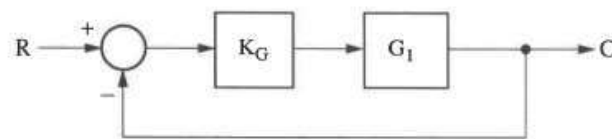
א. (10 נק') .

1. (7 נק') מצאו בקירוב, מתוך הגרפים שבנספח, את ערך ההגבר ואת ערך המופע של המערכת. כתבו את התשובה במחברת.

2. (3 נק') האם מערכת בקרה זו יציבה? נמקו את התשובה.

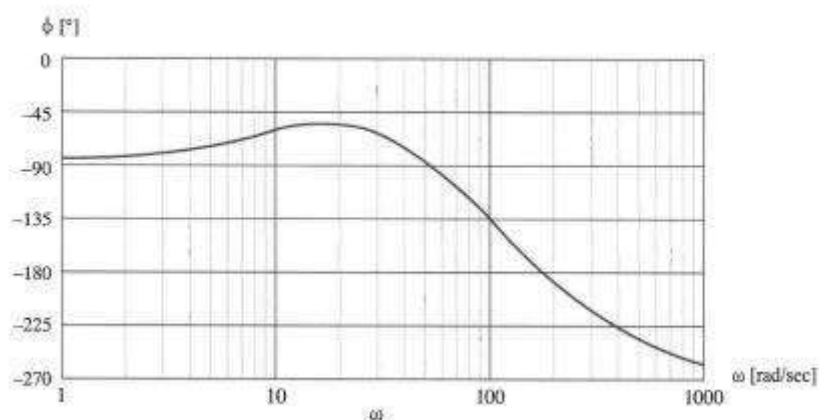
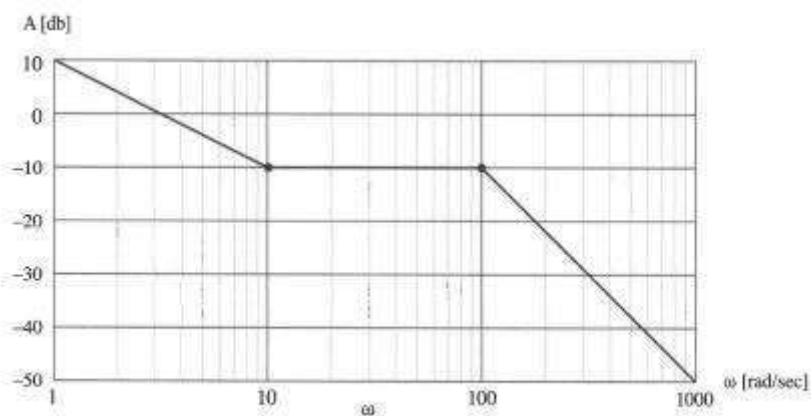
ב. (10 נק') מצאו את פונקציית התמסורת בחוג הפתוח של המערכת, $G_1(s)$.

למערכת הבקרה הזאת הוסיפו מגבר, K_G , כמתואר באיור לשאלה 2.



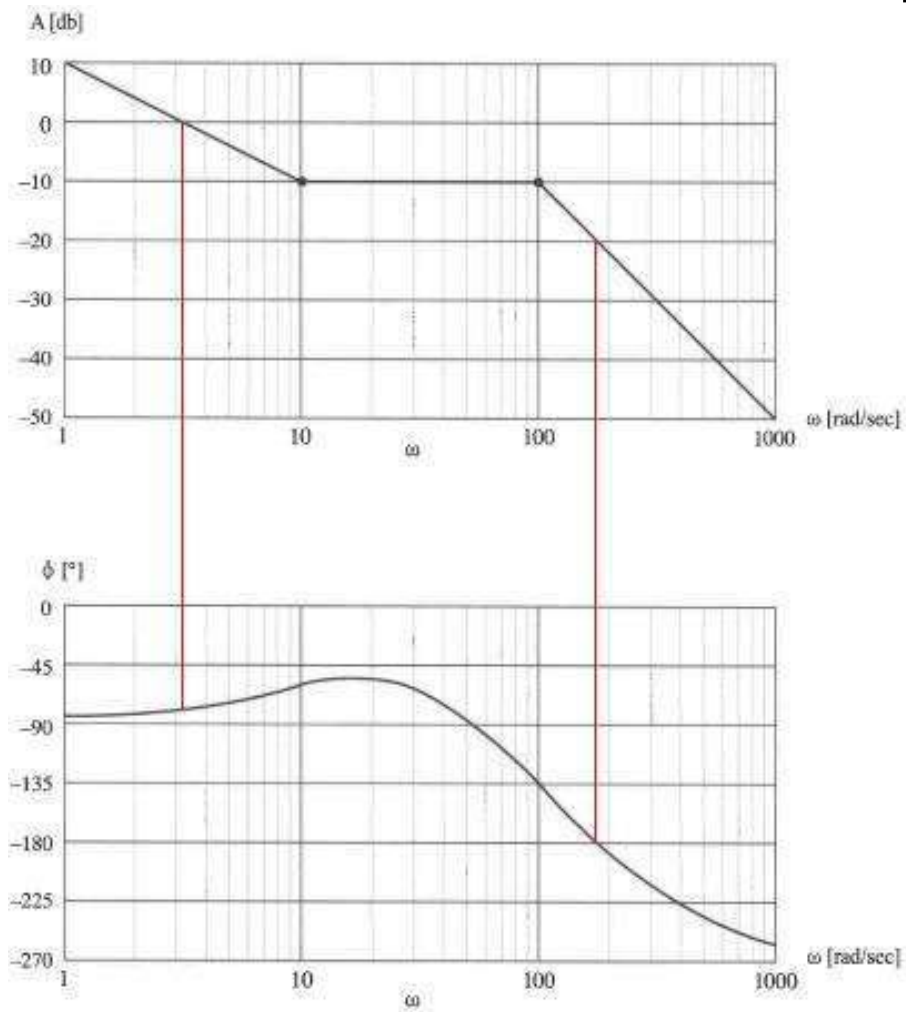
איור לשאלה 2

ג. (5 נק') חשבו את ערכו של K_G שעבורו המערכת תהיה על סף יציבות.



תשובה 2

א. מתוך הגרפים



1.

עודף מופע

$$GH_{\omega_1} = 0db \rightarrow \theta_{\omega_1} \approx -75^\circ$$

$$PM = \theta_{\omega_1} + 180 = -75 + 180 = 105^\circ$$

עודף הגבר

$$\theta_{\omega_\pi} = -180^\circ \rightarrow GH_{\omega_\pi} = -20db$$

$$GM = -GH_{\omega_\pi} = 20db$$

2. מערכת יציבה – עודף הגבר חיובי

ב.

$$GH_{(s)} = \frac{K(s+10)}{s(s+100)^2}$$

$$20 \log \frac{K \cdot 10}{1 \cdot 100^2} = 10 \rightarrow K = 3162$$

$$GH_{(s)} = \frac{3162(s+10)}{s(s+100)^2} = \frac{3.162(1+s/10)}{s(1+s/100)^2}$$

ג. עודף קיים הוא 20db, כדי להביא את המערכת לעודף של 0db יש צורך להעלות את ההגבר ב-20db

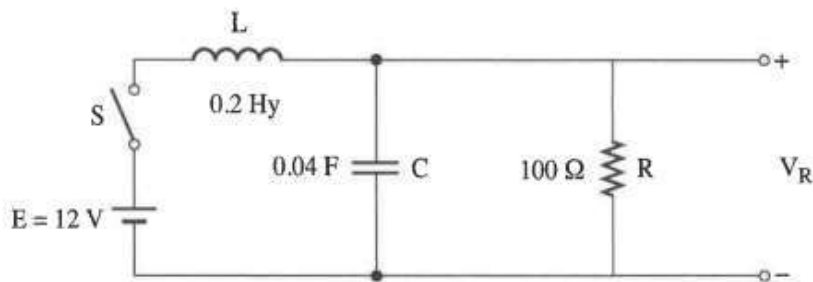
$$20 \log K_G = 20db$$

$$K_G = 10$$

הערה: גרף המופע אינו מתאים לגרף ההגבר, ערך המופע מגיע ל-270 מעלות וזה מתאים לקוטב נוסף במערכת לכן השיפוע בגרף ההגבר היה צריך להיות -60db/dec ולא -40db/dec. אבל זה לא מונע מהתלימוד לפתור את התרגיל לפי הנתונים הקיימים.

שאלה 3

באיור לשאלה 3 נתון מעגל חשמלי.



איור לשאלה 3

המפסק S היה פתוח זמן רב, ובזמן $t = 0$ סוגרים אותו.

א. (10 נק')

1. (8 נק') כתבו ביטוי המתאר את פונקציית התמסורת: $\frac{V_R}{E}(s)$.

2. (2 נק') קבעו את הסדר של פונקציית התמסורת.

ב. (8 נק') כתבו ביטוי במישור לפלס עבור המתח על הנגד $V_R(s)$.

ג. (7 נק') השתמשו במשפט הערך הסופי, ומצאו את מתח הנגד במצב המתמיד.

תשובה 3

א.
1.

$$\frac{V_R}{E}(s) = \frac{\frac{R \cdot 1/sC}{R + 1/sC}}{\frac{R \cdot 1/sC}{R + 1/sC} + sL} = \frac{\frac{R}{sCR + 1}}{\frac{R}{sCR + 1} + sL} = \frac{R}{s^2 LCR + sL + R}$$

2. מערכת מסדר שני

ב.

$$V_R(s) = \frac{E}{s} \cdot \frac{R}{s^2 LCR + sL + R} = \frac{12}{s} \cdot \frac{100}{0.8s^2 + 0.2s + 100}$$

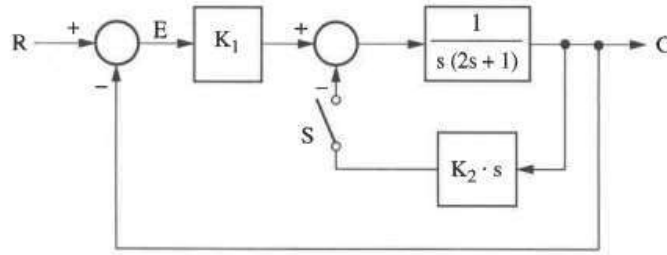
ג.

$$V_{Rss} = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{12}{s} \cdot \frac{100}{0.8s^2 + 0.2s + 100} = 12V$$

בדיקה : במצב מתמיד קבל נתק וסליל קצר ולכן $V_R = 12V$

שאלה 4

באיור לשאלה 4 מתואר תרשים מלבנים של מערכת עקיבה לשינויים בערך הרצוי.



איור לשאלה 4

נתון: $K_1 > 0$, $K_2 > 0$

המפסק S פתוח:

- 5 נק' א. כתבו ביטוי המתאר את פונקציית התמסורת של המערכת בחוג פתוח.
 8 נק' ב. מספקים למערכת את אות המבוא $r(t) = 2t$. חשבו את ערכו של K_1 כך ששגיאת המערכת במצב המתמיד תקיים את התנאי: $e(t \rightarrow \infty) = 0.8$

נתון: $K_1 = 3$

סוגרים את המפסק:

- 7 נק' ג. כתבו ביטוי המתאר את פונקציית התמסורת של המערכת בחוג הפתוח.
 5 נק' ד. מספקים למערכת את אות המבוא $r(t) = 2t$. חשבו את ערכו של K_2 כך ששגיאת המערכת במצב המתמיד תקיים את התנאי: $e(t \rightarrow \infty) = 0.8$

תשובה 4

א.

$$GH(s) = \frac{K_1}{s(2s+1)}$$

ב. עבור גל שיפועי נחשב קבוע שגיאה K_V

$$K_V = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot GH_s = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{K_1}{s(2s+1)} = K_1$$

$$e_{ss} = \frac{r}{K_V} = \frac{2}{K_1} = 0.8 \rightarrow K_1 = 2.5$$

ג.

$$GH(s) = K_1 \cdot \frac{1}{s(2s+1)} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{s(2s+1)} \cdot K_2 s} = \frac{K_1}{s(2s+1) + K_2 s} = \frac{K_1}{s(2s+1+K_2)}$$

$$K_V = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot GH_s = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{K_1}{s(2s+1+K_2)} = \frac{K_1}{1+K_2} = \frac{3}{1+K_2}$$

$$e_{ss} = \frac{r}{K_V} = \frac{2}{\frac{3}{1+K_2}} = 0.8 \rightarrow K_2 = 0.2$$